

# IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY MAMDANI DALAM PENENTUAN INDEKS DAN OPTIMALISASI KUALITAS RUANG TERBUKA HIJAU (STUDI KASUS: KAWASAN MTQ KOTA KENDARI)

Rafly Ahmad Zainur<sup>1</sup>, Rizal Adi Saputra<sup>\*1</sup>, Hasmina Tari Mokui<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia  
Penulis korespondensi: Rizal Adi Saputra (rizaladisaputra@uho.ac.id)

*Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengambilan keputusan dalam mengevaluasi kualitas ruang publik di Kota Kendari menggunakan logika fuzzy metode Mamdani. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan lima variabel input, yaitu jumlah orang, bangku taman, tempat sampah, pohon peneduh, dan lampu lalu lintas, serta menghasilkan satu output berupa tingkat urgensi. Proses pengolahan data meliputi pembentukan fungsi keanggotaan, fuzzifikasi, inferensi berbasis aturan (rule base), agregasi, dan defuzzifikasi menggunakan metode centroid. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai output sistem sebesar 95, sedangkan hasil simulasi menggunakan MATLAB sebesar 96,8, yang keduanya berada pada kategori pemeliharaan. Tingkat akurasi sistem diukur menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dan Mean Absolute Error (MAE), dengan nilai masing-masing sebesar 1,86% dan 1,8. Nilai error yang relatif kecil menunjukkan bahwa sistem memiliki konsistensi yang tinggi terhadap hasil simulasi MATLAB. Dengan demikian, metode fuzzy Mamdani terbukti mampu memberikan hasil yang akurat dan dapat digunakan sebagai pendukung keputusan dalam evaluasi dan optimalisasi pemeliharaan fasilitas ruang terbuka hijau secara objektif dan efisien.*

**Kata Kunci** — Logika Fuzzy, Kota Kendari, Metode Mamdani, Ruang Terbuka Hijau, MATLAB.

## I. PENDAHULUAN

Ruang Ruang Terbuka Hijau (RTH) seperti Kawasan MTQ Kota Kendari merupakan aset infrastruktur strategis yang berperan penting dalam mendukung interaksi sosial masyarakat serta keseimbangan lingkungan perkotaan [1][2][3]. Keberadaan RTH tidak hanya berfungsi sebagai ruang rekreasi, tetapi juga sebagai elemen penting dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Namun demikian, pengelolaan RTH saat ini masih menghadapi berbagai tantangan, khususnya terkait ketimpangan antara kepadatan pengunjung dengan ketersediaan fasilitas pendukung. Kondisi ini berpotensi menurunkan

kenyamanan dan kualitas layanan ruang publik [4] [5].

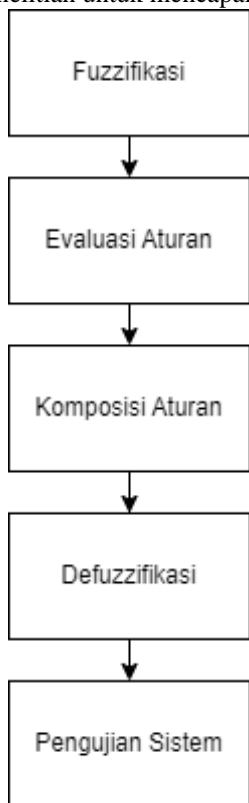
Proses evaluasi kualitas fasilitas RTH yang selama ini dilakukan secara manual dinilai memiliki berbagai keterbatasan, seperti subjektivitas penilaian, inkonsistensi hasil, serta rendahnya efisiensi dalam pengolahan data [6] [7]. Evaluasi berbasis observasi langsung tanpa dukungan sistem terkomputasi sering kali menghasilkan keputusan yang tidak seragam, terutama ketika melibatkan banyak variabel yang saling berkaitan. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan sistematis yang mampu mengintegrasikan berbagai parameter secara objektif dan terukur guna mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan yang lebih presisi [8] [9] [10].

Penelitian terdahulu umumnya mengandalkan metode kualitatif berbasis persepsi masyarakat, yang rentan terhadap bias subjektivitas dan keterbatasan representasi data [11] [12] [13]. Di sisi lain, perkembangan teknologi otomasi saat ini cenderung berfokus pada deteksi objek tanpa dilengkapi dengan analisis pengambilan keputusan yang komprehensif [14]. Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada integrasi data visual hasil observasi dengan sistem inferensi berbasis logika fuzzy mamdani, yang mampu mengolah variabel kuantitatif seperti jumlah pengunjung dan ketersediaan fasilitas menjadi keputusan kualitatif yang lebih adaptif dan mendekati cara berpikir manusia [15].

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan serta memvalidasi model fuzzy mamdani dalam menentukan indeks kualitas RTH di kawasan MTQ Kota Kendari [16]. Kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan model evaluasi cerdas yang mampu menghasilkan rekomendasi otomatis dalam bentuk kategori intervensi, monitoring, perencanaan, maupun pemeliharaan [17] [18] [19]. Dengan adanya sistem ini, diharapkan pemerintah kota dapat memiliki instrumen berbasis teknologi yang lebih efisien dan akurat dalam menentukan prioritas pengelolaan infrastruktur [20] [21], sehingga mendukung terwujudnya ruang publik yang berkelanjutan dan mendorong kota kendari lebih lestari [22] [23].

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah suatu cara yang dipergunakan dalam sebuah penelitian untuk mencapai tujuan penelitian



Gambar 1. Metode Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, penelitian diawali dengan observasi lapangan untuk memperoleh data primer berupa kondisi fasilitas dan jumlah pengunjung. Selanjutnya dilakukan identifikasi variabel yang akan digunakan sebagai input dalam sistem fuzzy. Tahap berikutnya adalah implementasi logika fuzzy Mamdani yang meliputi fuzzifikasi, inferensi aturan, agregasi, dan defuzzifikasi. Tahap terakhir adalah validasi hasil dengan membandingkan output sistem terhadap perhitungan manual dan simulasi menggunakan MATLAB.

A. Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimental laboratorium dan observasi lapangan. Fokus utama penelitian adalah merancang sistem inferensi cerdas menggunakan logika Fuzzy Mamdani untuk melakukan pemetaan kualitas Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Kendari. Sistem ini dirancang untuk memproses data multivariat dari hasil pengamatan fasilitas fisik dan densitas manusia guna menghasilkan indeks numerik yang merepresentasikan status kelayakan infrastruktur publik secara objektif.

B. Tahapan Prosedural Penelitian

Berdasarkan dilaksanakan melalui rangkaian tahapan sistematis yang mengintegrasikan pengumpulan data riil dengan pemodelan komputasi:

1. Observasi Lapangan: Pengumpulan data primer di Kawasan MTQ dan Taman Kota Kendari melalui teknik dokumentasi citra.
2. Identifikasi Variabel: Penentuan parameter input

berdasarkan standar pelayanan minimal fasilitas publik menurut regulasi PUPR.

3. Implementasi logika fuzzy: Meliputi proses fuzzifikasi, evaluasi aturan (inferensi), agregasi, dan defuzzifikasi.
4. Validasi Komparatif: Membandingkan hasil output sistem berbasis Python (*skfuzzy*) dengan perhitungan manual matematis dan simulasi MATLAB R2025a.

C. Pemodelan Logika Fuzzy Mamdani

Selain itu, *Surface Viewer* digunakan untuk visualisasi hubungan antara variabel input dan output secara 3D. Penggunaan MATLAB meningkatkan akurasi dan objektivitas model fuzzy dalam penelitian ini

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses transformasi nilai tegas (crisp input) menjadi nilai kabur (fuzzy) berdasarkan fungsi keanggotaan. Penelitian ini menggunakan Fungsi Keanggotaan Segitiga (*Triangular Membership Function*) karena kemampuannya dalam merepresentasikan linearitas parameter fasilitas dengan komputasi yang efisien. Rumus umum fungsi keanggotaan segitiga didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_A = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x - a}{b - a}, & a < x < b \\ \frac{c - x}{c - b}, & b \leq x < c \\ 0, & x \geq c \end{cases} \tag{1}$$

Keterangan:

- x: Nilai input tegas hasil observasi (jumlah objek).
- a: Batas bawah himpunan fuzzy (nilai derajat keanggotaan mulai naik dari 0).
- b: Titik koordinat input dengan derajat keanggotaan tertinggi ( $\mu = 1$ ).
- c: Batas atas himpunan fuzzy (nilai derajat keanggotaan kembali ke 0).

2. Evaluasi Aturan

Pada tahap ini, sistem mengevaluasi hubungan logika antar variabel input menggunakan operator AND. Operator ini diimplementasikan menggunakan fungsi MIN (Interseksi), yang mengambil nilai derajat keanggotaan terkecil dari seluruh premis yang menyusun sebuah aturan. Rumus umum evaluasi aturan untuk aturan ke-k adalah:

$$\alpha_{predikat(k)} = \min(\mu_{A1}(x_1), \mu_{A2}(x_2), \dots, \mu_{An}(x_n)) \tag{2}$$

Keterangan:

- $\alpha_{predikat(k)}$ : Nilai derajat aktivasi dari aturan ke-k.
- $\mu_{An}(x_n)$ : Derajat keanggotaan variabel input ke-n pada himpunan fuzzy tertentu.

3. Komposisi Aturan

Setelah setiap aturan dievaluasi, sistem melakukan penggabungan (Union) untuk membentuk satu daerah fuzzy solusi tunggal. Metode yang digunakan adalah metode MAX, di mana nilai keanggotaan solusi merupakan nilai maksimum dari seluruh  $\alpha_{predikat}$  aturan yang aktif pada semesta pembicaraan output:

$$\mu_{solusi}(z) = \max(\alpha_{predikat(1)}, \dots, \alpha_{predikat(k)}) \quad (3)$$

Keterangan:

$\mu_{solusi}(z)$ : Nilai derajat aktivasi dari aturan ke-z.

z: Derajat keanggotaan variabel input ke-n pada himpunan fuzzy tertentu.

4. Defuzzifikasi.

Tahap terakhir adalah mengubah daerah fuzzy solusi menjadi crisp output berupa nilai  $z^*$ . Penelitian ini menggunakan metode centroid yang menghitung titik pusat gravitasi dari luas daerah fuzzy hasil agregasi yang aktif pada semesta pembicaraan output:

$$z^* = \frac{\sum_{i=1}^n z_i \cdot \mu_{solusi}(z_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_{solusi}(z_i)} \quad (4)$$

Keterangan:

$z^*$ : Output crisp.

$z_i$ : Titik sampel pada semesta pembicaraan output.

$\mu_{solusi}(z_i)$ : Derajat keanggotaan pada titik sampel  $z_i$ .

D. Parameter Output dan Kategori Urgensi

Output sistem diklasifikasikan ke dalam empat kategori untuk memudahkan pengambilan kebijakan manajerial di Kota Kendari.

- a. Intervensi ( $z^* \in [z_{min}, z_1]$ ): Kondisi urgensi, rasio fasilitas tidak memadai.
- b. Monitoring ( $z^* \in (z_1, z_2]$ ): Kondisi perhatian, diperlukan pengawasan rutin.
- c. Perencanaan ( $z^* \in (z_2, z_3]$ ): Kondisi cukup, penambahan fasilitas masuk tahap rencana.
- d. Pemeliharaan ( $z^* \in (z_3, z_{max}]$ ): Kondisi ideal, hanya diperlukan perawatan rutin.

E. Validasi Dan Pengujian

Keandalan Dalam penelitian ini, keandalan sistem dievaluasi dengan membandingkan output sistem terhadap hasil simulasi MATLAB menggunakan dua

metrik error yaitu Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dan Mean Absolute Error (MAE). MAPE menghitung persentase rata-rata kesalahan relatif sedangkan MAE mengukur rata-rata selisih absolut dengan rumus sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_{MATLAB} - x_{Sistem}}{x_{MATLAB}} \right| \times 100\% \quad (5)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_{MATLAB} - x_{Sistem}| \quad (6)$$

Keterangan:

$x_{MATLAB}$ : Nilai output hasil simulasi MATLAB

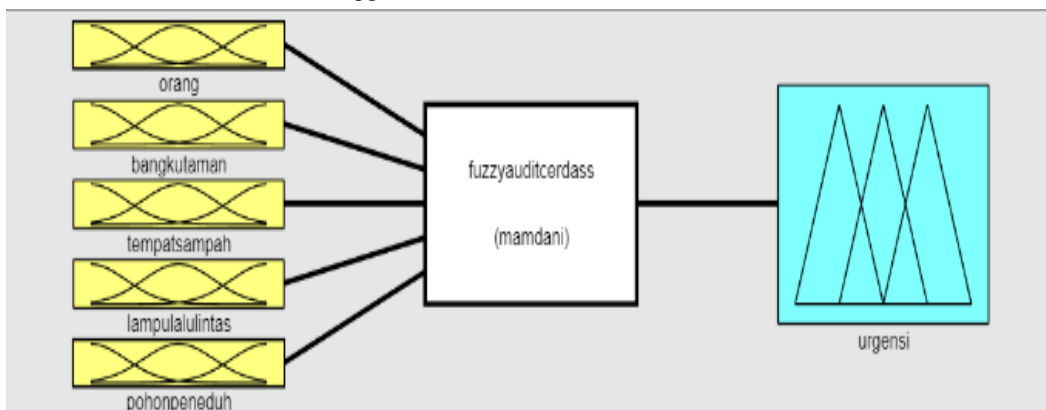
$x_{Sistem}$ : Nilai output hasil perhitungan sistem

n: Jumlah data pengujian

Berdasarkan kriteria Lewis (1982), sistem dinyatakan memiliki tingkat akurasi yang sangat baik jika nilai MAPE < 10%. Untuk MAE, karena merupakan ukuran absolut yang satuannya mengikuti skala data, nilai MAE mendekati 0 menunjukkan konsistensi tinggi antara hasil sistem dengan simulasi MATLAB, dengan interpretasi bahwa rata-rata selisih absolut antara keduanya adalah  $\pm MAE$  dalam satuan data yang digunakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan metode logika fuzzy Mamdani dalam menentukan tingkat urgensi pemeliharaan fasilitas taman. Sistem dirancang menggunakan aplikasi MATLAB dengan beberapa variabel input, yaitu jumlah orang, ketersediaan bangku taman, tempat sampah, lampu lalu lintas, dan pohon peneduh, serta menghasilkan output berupa tingkat urgensi. Tampilan input dan output sistem pada MATLAB ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Input dan Output MATLAB

A. Domain Himpunan Fuzzy

Domain himpunan fuzzy yang dibuat pada setiap variabel dalam penelitian ini terdapat pada tabel berikut.

Tabel 1. Domain Himpunan Fuzzy

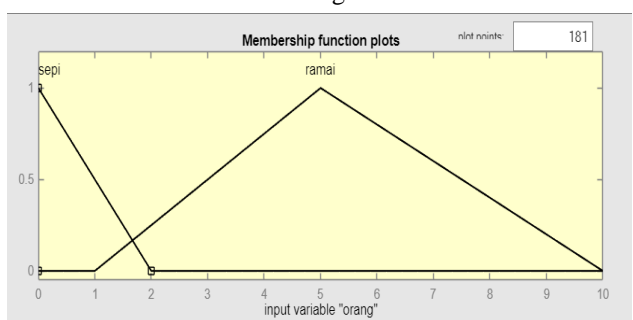
Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
Input	Orang	Sepi	[0, 0, 2]
		Ramai	[1, 5, 10]
	Bangku Taman	Minim	[0, 0, 3]
		Memadai	[2, 5, 7]

Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain	
	Tempat Sampah	Minim	[0, 0, 1]	
		Memadai	[0.5, 2, 5]	
	Pohon Peneduh	Minim	[0, 0, 1.5]	
		Memadai	[0.5, 2, 3]	
	Output	Urgensi	NA	[0, 0, 1]
			Ada	[0.5, 1.5, 5]
Pemeliharaan			[60, 60, 75]	
Perencanaan			[60, 75, 85]	
		Monitoring	[75, 85, 100]	
		Intervensi	[85, 100, 100]	

Tabel 1 menunjukkan domain himpunan fuzzy untuk setiap variabel input dan output yang digunakan dalam sistem. Variabel input dan output beserta himpunan fuzzy dan domainnya, di mana input terdiri dari orang, bangku taman, tempat sampah, pohon peneduh, dan lampu lalu lintas, sedangkan output urgensi memiliki empat kategori, yaitu pemeliharaan, perencanaan, monitoring, dan intervensi untuk merepresentasikan tingkat urgensi.

Penentuan domain pada setiap himpunan fuzzy dalam penelitian ini tidak dilakukan secara arbitrer, melainkan mengacu pada standar teknis dan studi literatur terkait penyediaan fasilitas ruang terbuka hijau. Variabel seperti bangku taman, tempat sampah, dan pohon peneduh ditetapkan berdasarkan rasio kebutuhan fasilitas terhadap jumlah pengunjung sebagaimana diatur dalam Permen PUPR No. 03/PRT/M/2014 tentang penyediaan sarana dan prasarana ruang terbuka hijau.

Rentang nilai himpunan fuzzy ditentukan berdasarkan observasi lapangan serta acuan seperti konsep *Pedestrian Level of Service (PLOS)* dan *Global Street Design Guide*. Penetapan domain, seperti [0 0 3] dan [2 5 7] pada variabel bangku taman, merupakan hasil integrasi data empiris dan literatur sehingga bersifat objektif dan ilmiah.



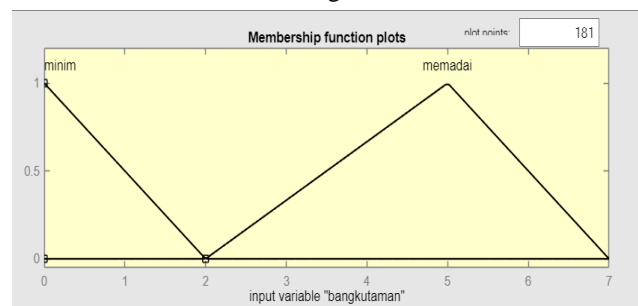
Gambar 3. Membership Function Variabel Orang

Gambar 3 menunjukkan variabel orang memiliki range [0–10] dengan dua himpunan fuzzy, yaitu Sepi [0 0 2] dan Ramai [1 5 10], yang menggunakan fungsi keanggotaan linier berbentuk segitiga untuk merepresentasikan tingkat jumlah orang dari sedikit hingga ramai yang secara rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{sepi}(x) = \begin{cases} 1; & x = 0 \\ \frac{2-x}{2-0}; & a < x < b \\ 0; & x \geq 2 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{Ramai}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 1 \text{ atau } x \geq 10 \\ \frac{x-1}{5-1}; & 1 \leq x \leq 5 \\ \frac{10-x}{10-5}; & 5 \leq x \leq 10 \end{cases} \quad (8)$$

### Analisis Sistem Variabel Bangku Taman



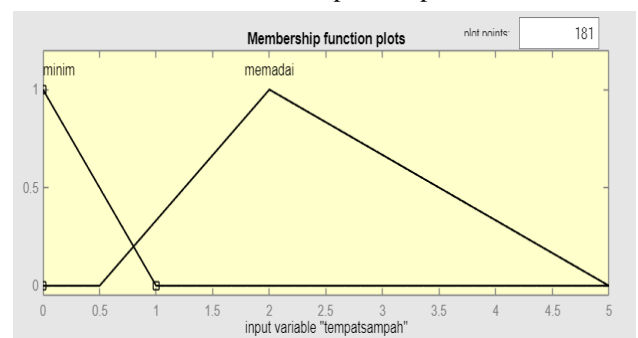
Gambar 4. Membership Function Variabel Bangku Taman

Gambar 4 menunjukkan variabel bangku taman memiliki range [0–7] dengan dua himpunan fuzzy, yaitu Minim [0 0 3] dan Memadai [2 5 7], yang menggunakan fungsi keanggotaan linier berbentuk segitiga untuk merepresentasikan tingkat ketersediaan bangku dari kondisi minim hingga memadai yang secara rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{Minim}(x) = \begin{cases} 1; & x = 0 \\ \frac{3-x}{3-0}; & a \leq x \leq 3 \\ 0; & x \geq 3 \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_{Memadai}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 2 \text{ atau } x \geq 7 \\ \frac{x-2}{5-2}; & 2 \leq x \leq 5 \\ \frac{7-x}{7-5}; & 5 \leq x \leq 7 \end{cases} \quad (10)$$

### Analisis Sistem Variabel Tempat Sampah



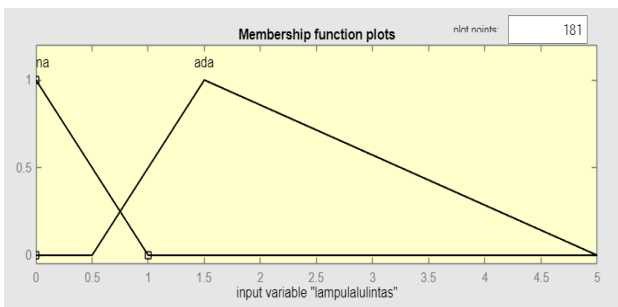
Gambar 5. Membership Function Variabel Tempat Sampah

Gambar 5 menunjukkan variabel tempat sampah memiliki range [0–5] dengan dua himpunan fuzzy, yaitu Minim [0 0 1] dan Memadai [0,5 2 5], yang menggunakan fungsi keanggotaan linier berbentuk segitiga untuk merepresentasikan tingkat ketersediaan tempat sampah dari kondisi minim hingga memadai yang secara rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{Minim(x)} = \begin{cases} 1; & x = 0 \\ \frac{1-x}{1-0}; & 0 \leq x \leq 1 \\ 0; & x \geq 1 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{memadai(x)} = \begin{cases} 0; & x \leq 0,5 \text{ atau } x \geq 5 \\ \frac{x-0,5}{2-0,5}; & 0,5 \leq x \leq 2 \\ \frac{5-x}{5-2}; & 2 \leq x \leq 5 \end{cases} \quad (12)$$

Analisis Sistem Variabel Lampu Lalu Lintas



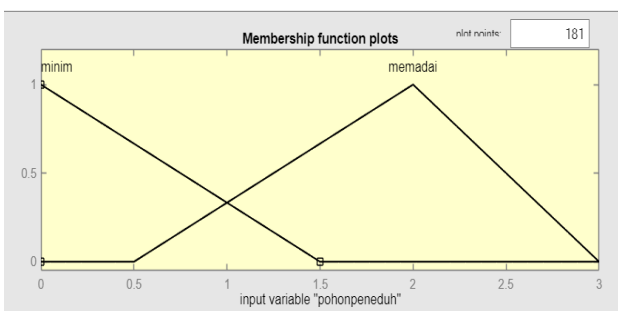
Gambar 6. Membership Function Variabel Lampu lalu Lintas

Gambar 6 menunjukkan variabel lampu lalu lintas memiliki range [0–5] dengan dua himpunan fuzzy, yaitu NA [0 0 1] dan Ada [0,5 1,5 5], yang menggunakan fungsi keanggotaan linier berbentuk segitiga untuk merepresentasikan kondisi keberadaan lampu lalu lintas dari tidak ada hingga tersedia yang secara rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{NA(x)} = \begin{cases} 1; & x = 0 \\ \frac{1-x}{1-0}; & 0 \leq x \leq 1 \\ 0; & x \geq 1 \end{cases} \quad (13)$$

$$\mu_{Ada(x)} = \begin{cases} 0; & x \leq 0,5 \text{ atau } x \geq 5 \\ \frac{x-0,5}{1,5-0,5}; & 0,5 \leq x \leq 1,5 \\ \frac{5-x}{5-1,5}; & 1,5 \leq x \leq 5 \end{cases} \quad (14)$$

Analisis Sistem Variabel Pohon Peneduh



Gambar 7. Membership Function Variabel Pohon Peneduh

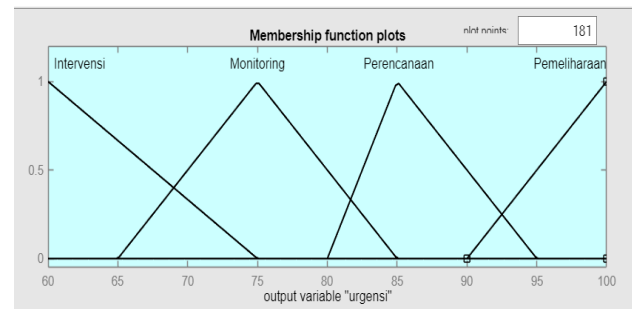
Gambar 7 menunjukkan variabel pohon ppeneduh memiliki range [0–3] dengan dua himpunan fuzzy, yaitu Minim [0 0 1,5] dan Memadai [0,5 2 3], yang

menggunakan fungsi keanggotaan linier berbentuk segitiga untuk merepresentasikan tingkat ketersediaan pohon peneduh dari kondisi minim hingga memadai yang secara rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{Minim(x)} = \begin{cases} 1; & x = 0 \\ \frac{1,5-x}{1,5-0}; & 0 \leq x \leq 1,5 \\ 0; & x \geq 1,5 \end{cases} \quad (15)$$

$$\mu_{Memadai(x)} = \begin{cases} 0; & x \leq 0,5 \text{ atau } x \geq 3 \\ \frac{x-0,5}{1,5-0,5}; & 0,5 \leq x \leq 2 \\ \frac{3-x}{3-2}; & 2 \leq x \leq 3 \end{cases} \quad (16)$$

Analisis Sistem Variabel Urgensi



Gambar 8. Membership Function Variabel Urgensi

Gambar 8 menunjukkan variabel urgensi memiliki range [60–100] dengan empat himpunan fuzzy, yaitu Intervensi [60 60 75], Monitoring [60 75 85], Perencanaan [75 85 100], dan Pemeliharaan [85 100 100], yang menggunakan kombinasi fungsi keanggotaan linier berbentuk segitiga dan trapesium untuk merepresentasikan tingkat urgensi penanganan dari sangat tinggi hingga rendah yang secara rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{Intervensi(x)} = \begin{cases} 1; & z = 60 \\ \frac{75-z}{75-60}; & 60 \leq z \leq 75 \\ 0; & z \geq 75 \end{cases} \quad (17)$$

$$\mu_{Monitoring(x)} = \begin{cases} 0; & z \leq 60 \text{ atau } z \geq 85 \\ \frac{z-60}{75-60}; & 60 \leq z \leq 75 \\ \frac{85-z}{85-75}; & 75 \leq z \leq 85 \end{cases} \quad (18)$$

$$\mu_{Perencanaan(x)} = \begin{cases} 0; & z \leq 75 \text{ atau } z \geq 100 \\ \frac{z-75}{85-75}; & 75 \leq z \leq 85 \\ \frac{100-z}{100-85}; & 85 \leq z \leq 100 \end{cases} \quad (19)$$

$$\mu_{Pemeliharaan(x)} = \begin{cases} 0; & z \leq 85 \\ \frac{z-85}{100-85}; & 85 \leq z \leq 100 \\ 1; & z = 100 \end{cases} \quad (20)$$

B. Aturan (rule)

Aturan (rule base) dalam sistem fuzzy Mamdani disusun untuk merepresentasikan hubungan logika antara variabel input dan output dalam bentuk pernyataan IF-THEN. Penyusunan aturan ini tidak dilakukan secara arbitrer, melainkan mengacu pada prinsip evaluasi kualitas ruang terbuka hijau berdasarkan standar teknis,

literatur ilmiah, serta kondisi empiris di lapangan. Faktor utama yang digunakan dalam pembentukan aturan adalah keseimbangan antara jumlah pengunjung dan ketersediaan

fasilitas pendukung seperti bangku taman, tempat sampah, pohon peneduh, dan lampu lalu lintas.

Tabel 2. Rule Base *fuzzy*

Rule	Orang	Bangku Taman	Tempat Sampah	Pohon Peneduh	Lampu Lalu Lintas	Urgensi
R1	Sepi	None	None	None	None	Pemeliharaan
R2	None	Memadai	None	Memadai	None	Pemeliharaan
R3	Ramai	None	None	Memadai	None	Pemeliharaan
R4	Ramai	Memadai	None	None	None	Pemeliharaan
R5	Sepi	None	None	None	Ada	Pemeliharaan
R6	None	Minim	Minim	Minim	None	Pemeliharaan
R7	Ramai	Memadai	None	Minim	None	Monitoring
R8	Ramai	None	None	None	None	Monitoring
R9	Ramai	Minim	Minim	Memadai	None	Monitoring
R10	Ramai	Minim	None	Minim	None	Intervensi
R11	Ramai	None	Minim	Minim	None	Intervensi
R12	Ramai	None	None	Minim	None	Intervensi

Seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Aturan fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini mengadopsi pendekatan rasio pelayanan fasilitas terhadap pengguna yang banyak digunakan dalam konsep Level of Service (LOS), khususnya Pedestrian Level of Service (PLOS) pada ruang publik. Selain itu, prinsip penyediaan fasilitas juga mengacu pada pedoman perencanaan ruang terbuka hijau seperti Permen PUPR No. 03/PRT/M/2014 serta Global Street Design Guide yang menekankan pentingnya kecukupan fasilitas terhadap intensitas aktivitas pengguna di area publik yang dalam penelitian ini adalah area MTQ.

C. Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam studi ini berupa satu sampel data uji yang merepresentasikan kondisi nyata di lapangan sebagai tahap awal pengujian sistem. Sampel ini dipilih untuk menguji alur kerja sistem *fuzzy Mamdani* secara menyeluruh, mulai dari proses fuzzifikasi, inferensi aturan, hingga defuzzifikasi. Nilai input yang digunakan mencakup lima variabel utama, yaitu jumlah orang, bangku taman, tempat sampah, pohon peneduh, dan lampu lalu lintas.

Tabel 3. Data Uji Sampel Objek

Variabel	Nilai Rill ( <i>crisp</i> )
Orang	1
Bangku Taman	5
Tempat Sampah	3
Pohon Peneduh	2
Lampu Lalu Lintas	2

Berdasarkan Tabel 3. Penelitian ini menggunakan satu sampel data uji sebagai percobaan awal, yaitu dengan nilai variabel orang = 1, bangku taman = 5, tempat sampah = 3, pohon peneduh = 2, dan lampu lalu lintas = 2.

Proses pengujian dimulai dari pembentukan himpunan keanggotaan, dilanjutkan dengan tahap implikasi aturan, dan defuzzifikasi untuk memperoleh nilai output urgensi. Selanjutnya, hasil perhitungan manual dibandingkan dengan hasil pengolahan menggunakan aplikasi

MATLAB untuk menguji kesesuaian dan akurasi sistem yang dikembangkan.

D. Pembentukan Himpunan Anggota

Pada tahap pembentukan himpunan anggota, dilakukan proses fuzzifikasi terhadap nilai input (*crisp*) untuk menentukan derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan *fuzzy*. Nilai input yang digunakan berasal dari data uji sampel, kemudian dihitung tingkat keanggotaannya menggunakan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan sebelumnya. Proses ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar suatu nilai termasuk ke dalam kategori tertentu pada setiap variabel sebelum dilanjutkan ke tahap inferensi dan defuzzifikasi piksel. Berikut himpunan anggotanya:

1. Orang

Untuk variabel Orang dengan nilai input 1, maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan adalah sebagai berikut:

Himpunan Sepi:

$$\mu_{Sepi}(1) = \frac{2 - 1}{2 - 0} = \frac{1}{2} = 0,5 \tag{21}$$

Himpunan Ramai:

Karena nilai x = 1 berada tepat pada batas bawah domain [1 5 10], maka:

$$\mu_{Ramai}(1) = \frac{1 - 1}{5 - 1} = \frac{0}{4} = 0 \tag{22}$$

2. Bangku Taman

Untuk variabel Bangku Taman dengan nilai input 5, maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan adalah sebagai berikut:

Karena nilai x = 5 sudah melewati batas maksimal domain Minim [0 0 3], maka:

$$\mu_{Minim}(5) = 0 \tag{23}$$

Himpunan Memadai:

$$\mu_{Memadai}(5) = \frac{5 - 2}{5 - 2} = \frac{3}{3} = 1 \tag{24}$$

3. Tempat Sampah

Untuk variabel Tempat Sampah dengan nilai input 3, maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan adalah sebagai berikut:

Himpunan Minim:

Karena  $x = 3$  sudah melewati batas maksimal domain Minim  $[0 \ 0 \ 1]$ , maka:

$$\mu_{Minim}(3) = 0$$

$$\mu_{Minim}(3) = 0 \quad (25)$$

Himpunan Memadai:

$$\mu_{Memadai}(3) = \frac{5-3}{5-2} = \frac{2}{3} = 0,67$$

$$\mu_{Memadai}(3) = \frac{5-3}{5-2} = \frac{2}{3} = 0,67 \quad (26)$$

#### 4. Lampu Lalu Lintas

Untuk variabel Lampu Lalu Lintas dengan nilai input 2, maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan adalah sebagai berikut:

Himpunan NA:

Karena nilai  $x = 2$  sudah melewati batas maksimal domain NA  $[0 \ 0 \ 1]$ , maka:

$$\mu_{NA}(2) = 0 \quad (27)$$

Himpunan Ada:

Berdasarkan domain  $[1,5,5,5]$ , nilai  $x = 2$  berada pada sisi kurva linear turun:

$$\mu_{Ada}(2) = \frac{5-2}{5-1,5} = \frac{3}{3,5} = 0,86 \quad (28)$$

#### 5. Pohon Peneduh

Untuk variabel Pohon Peneduh dengan nilai input 2, maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan adalah sebagai berikut:

Himpunan Minim:

Karena nilai  $x = 2$  sudah berada di luar domain  $[1,5]$ , maka:

$$\mu_{Minim}(2) = 0 \quad (29)$$

Himpunan Memadai:

Berdasarkan domain  $[2,3,5]$ , nilai  $x = 2$  adalah nilai puncak:

$$\mu_{Memadai}(2) = \frac{2-0,5}{2-0,5} = \frac{1,5}{1,5} = 1 \quad (30)$$

#### 6. Urgensi

Untuk variabel Urgensi dengan nilai output 95, maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan adalah sebagai berikut:

Himpunan Intervensi:

Karena  $95 > 75$ , maka:

$$\mu_{Intervensi}(95) = 0 \quad (31)$$

Himpunan Monitoring:

Karena  $95 > 85$ , maka:

$$\mu_{Monitoring}(95) = 0 \quad (32)$$

Himpunan Perencanaan:

Berdasarkan domain  $[75,85,100]$ , nilai 95 berada pada kurva turun:

$$\mu_{Perencanaan}(95) = \frac{100-95}{100-85} = \frac{5}{15} = 0,33 \quad (33)$$

Himpunan Pemeliharaan:

Berdasarkan domain  $[85,100,100]$ , nilai 95 berada pada kurva naik:

$$\mu_{Pemeliharaan}(95) = \frac{95-85}{100-85} = \frac{10}{15} = 0,67 \quad (34)$$

Pada nilai 95, sistem menunjukkan bahwa kondisi objek didominasi oleh kategori Pemeliharaan dengan derajat keyakinan sebesar 0,67, namun masih memiliki sedikit irisan dengan kategori Perencanaan sebesar 0,33.

#### E. Pembentukan Himpunan Anggota

Pada tahap pembentukan himpunan anggota (inferensi), aturan fuzzy diterapkan menggunakan nilai derajat keanggotaan dengan operator AND (minimum) untuk menghasilkan nilai  $\alpha$  sebagai kekuatan tiap aturan dalam menentukan output urgensi. Berikut himpunan anggotanya:

[R1] If Orang is Sepi

Then Urgensi is Pemeliharaan

$$\alpha_1 = \mu_{Sepi}(1) = 0,5 \quad (35)$$

[R2] If Bangku is Memadai and Pohon is Memadai

Then Urgensi is Pemeliharaan

$$\alpha_2 = \min(\mu_{Memadai}[5] \cap \mu_{Memadai}[2]) \quad (36)$$

$$\alpha_2 = \min(1,1) = 1 \quad (37)$$

[R5]

If Orang is Sepi and Lampu is Ada

Then Urgensi is Pemeliharaan

$$\alpha_5 = \min(\mu_{Sepi}[1] \cap \mu_{Ada}[2]) \quad (38)$$

$$\alpha_5 = \min(0,5,0,86) = 0,5 \quad (39)$$

#### F. Komposisi Aturan (agregasi)

$$\alpha_{max} = \max(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_5) \quad (40)$$

$$\alpha_{max} = \max(0,5; 1; 0,5) \quad (41)$$

$$\alpha_{max} = 1 \quad (42)$$

Nilai  $\alpha = 1$  ini menunjukkan bahwa himpunan Pemeliharaan diambil secara penuh untuk proses defuzzifikasi. Dengan menggunakan domain Pemeliharaan  $[85 \ 100 \ 100]$ , diperoleh nilai centroid akhir sebesar 95.

#### G. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi dengan metode centroid menentukan nilai tegas dari pusat daerah fuzzy. Output Urgensi berada pada himpunan Pemeliharaan dengan domain  $[85 \ 100 \ 100]$  dan  $\alpha = 1$ . Sehingga dihitung momen ( $M$ ) dan luas daerah ( $A$ ) pada bentuk geometri yang terbentuk.

Karena tidak ada irisan, momen ( $M$ ) hanya dihitung pada himpunan ini menggunakan fungsi keanggotaan linear naik  $\mu(z) = \frac{z-85}{15}$ .

$$M_1 = \int_{85}^{100} z \cdot \left(\frac{z-85}{15}\right) dz \quad (43)$$

$$M_1 = \frac{1}{15} \int_{85}^{100} (z^2 - 85z) dz \tag{44}$$

$$M_1 = \frac{1}{15} \left[ \frac{1}{3} z^3 - \frac{85}{2} z^2 \right]_{85}^{100} \tag{45}$$

Substitusi batas atas ( $z = 100$ ):

$$\frac{1}{15} (333.333,33 - 425.000) = -6.111,11 \tag{46}$$

Substitusi batas bawah ( $z = 85$ ):

$$\frac{1}{15} (204.708,33 - 307.062,5) = -6.823,61 \tag{47}$$

$M_{total}$  :

$$M_{total} = -6.111,11 - (-6.823,61) = 712,5 \tag{48}$$

Luas daerah dihitung berdasarkan luas bidang di bawah kurva yang terbentuk:

$$A_1 = \frac{1}{2} \times (100 - 85) \times 1 = 7,5 \tag{49}$$

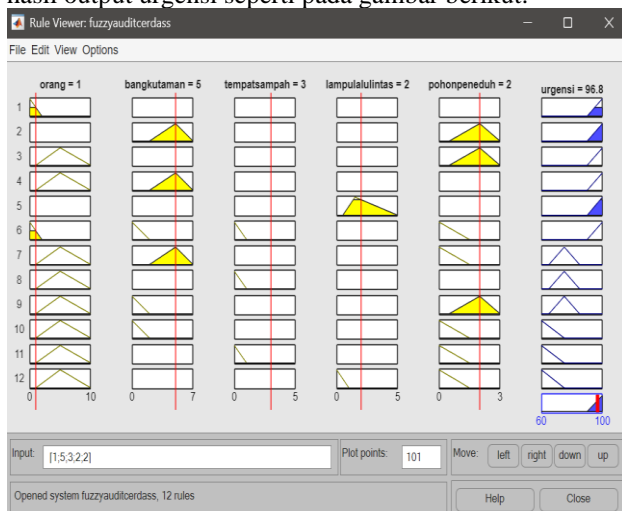
Titik pusat ( $Z$ ) diperoleh dari perbandingan total momen dengan total luas daerah:

$$Z = \frac{\sum M}{\sum A} \tag{50}$$

$$Z = \frac{712,5}{7,5} = 95 \tag{51}$$

**H. Pengujian Sistem Di MATLAB**

Defuzzifikasi Langkah uji sistem dilakukan dengan memasukkan nilai data uji, yaitu orang = 1, bangku taman = 5, tempat sampah = 3, pohon peneduh = 2, dan lampu lalu lintas = 2, ke dalam sistem MATLAB untuk melihat hasil output urgensi seperti pada gambar berikut:



Gambar 9. Hasil Pengujian Data Sampel Objek Di MATLAB

Berdasarkan Gambar 9, diperoleh nilai output urgensi sebesar 96,8 dari MATLAB dan 95 dari sistem. Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan metrik *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) untuk mengukur tingkat kesalahan antara kedua hasil tersebut.

$$MAPE = \left| \frac{96,8 - 95}{96,8} \right| \times 100\% = 1,86\% \tag{52}$$

$$MAE = |96,8 - 95| = 1,8 \tag{53}$$

Hasil MAPE adalah 1,86% sedangkan MAE adalah 1,8 ini menunjukkan bahwa nilai error yang dihasilkan relatif kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa output sistem memiliki tingkat konsistensi yang tinggi terhadap hasil simulasi MATLAB. Perbedaan nilai yang terjadi disebabkan oleh pendekatan perhitungan, di mana MATLAB menggunakan integrasi numerik dengan tingkat presisi yang lebih tinggi.

**IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil pengujian dan evaluasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi logika fuzzy metode Mamdani mampu menentukan tingkat urgensi pemeliharaan ruang terbuka hijau secara efektif dan konsisten. Hasil output sistem sebesar 95 dan hasil simulasi MATLAB sebesar 96,8 menunjukkan bahwa keduanya berada pada kategori pemeliharaan. Tingkat akurasi sistem yang diukur menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 1,86% dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 1,8 mengindikasikan bahwa perbedaan hasil relatif kecil dan masih dalam batas toleransi. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan memiliki tingkat konsistensi yang tinggi terhadap hasil referensi dan dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam evaluasi serta optimalisasi pemeliharaan fasilitas ruang terbuka hijau. ke depannya, penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan jumlah data uji dan variabel yang lebih beragam untuk meningkatkan akurasi dan generalisasi sistem.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada civitas akademika Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo yang telah memberikan dukungan lingkungan akademik serta fasilitas selama penyusunan paper ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih yang tulus kepada orang tua dan keluarga, atas dukungan moral, doa, serta motivasi yang senantiasa diberikan hingga selesainya artikel ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada pihak pengelola fasilitas publik di Kota Kendari atas izin dan data yang diberikan selama proses penelitian lapangan. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada tim editor Jurnal Informasi Dan Sistem komputer yang telah memberikan arahan serta berkontribusi dalam proses penyuntingan dan publikasi paper ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khoirun Nisa and A. Hardawati, "Optimasi Rute Evakuasi Penduduk di Sekitar Gunung Merapi (Studi Kasus Desa Kepuharjo, Yogyakarta) Saat Erupsi dengan Pendekatan Algoritma Floyd-Warshall dan Fuzzy Logic Metode Mamdani," 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.upi.edu/index.php/JEM>
- [2] Pramana Adi Setiawan and Arita Witanti, "Klasifikasi Kondisi Greenhouse Secara Real-Time Menggunakan Fuzzy Mamdani Berbasis Bot Telegram," JEKIN - Jurnal Teknik Informatika, vol. 5, no. 2, pp. 1028–1041, Sep. 2025, doi: 10.58794/jekin.v5i2.1614.
- [3] "Sistem Informasi Bantuan Sosial Di Kecamatan Wua-Wua Berbasis Android Menggunakan Metode Waterfall".
- [4] D. Hermansyah-1 A\* A Program et al., "Penentuan Status Mutu Air Sungai Kapuas Menggunakan Metode Storet Dan Logika Fuzzy Mamdani," PRISMA FISIKA, vol. 10, no. 2, pp. 128–134, 2022.
- [5] S. Rama Putri, K. Kunci-Ekspansi Bisnis, F. Logic, P. Lokasi, and S. Pendukung Keputusan, "Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Fuzzy Logic untuk Pemilihan Lokasi Cabang Baru (Studi Kasus: Toko Ady Alam Accessories)," Jurnal TICOM: Technology of Information and Communication, vol. 14, no. 1, 2025.
- [6] N. Febriany, A. Fitriani, and R. Marwati, "Uji Efektifitas Metode Fuzzy Logic Mamdani Pada Penerimaan Beasiswa Bantuan Menggunakan Matlab."
- [7] R. M. Fabian, F. R. Sundari, and A. Adiwilaga, "Sistem Penentuan Harga Sewa Locker menggunakan Fuzzy Logic Mamdani." [Online]. Available: <http://journal.aptikomkepri.org/index.php/JDDAT>
- [8] H. Suprpto and P. Simanjuntak, "Fuzzy Logic Untuk Memprediksi Pemakaian Listrik Menggunakan Metode Mamdani," JURNAL COMASIE, 2020.
- [9] A. Dasa Putri and A. Maulana, "Penerapan Metode Mamdani Fuzzy Logic untuk Menentukan Pembelian Alat Berat dalam Proyek Migas di PT SMOE Indonesia." [Online]. Available: <http://Journal.Aptikomkepri.Org/Index.Php/Jddat138jurnaldesaindananalisisisteknologi>
- [10] Muhammad Zainal Roisul Amin, Fina Farhana, and Bambang Sri Kaloko, "Kontrol Sudut Pitch Blade Sebagai Variable Kecepatan Angin Menggunakan Simulasi Matlab dengan Kendali Logika Fuzzy Mamdani," Journal Electric Field, vol. 2, no. 1, pp. 13–25, Jul. 2025, doi: 10.63440/jef.v2i1.61.
- [11] W. Buana Dosen STMIK Jayanusa, "Penerapan Fuzzy Mamdani Untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Telepon Seluler".
- [12] J. Nasir and J. Suprianto, "Analisis Fuzzy Logic Menentukan Pemilihan Motor Honda Dengan Metode Mamdani," vol. 2, pp. 177–186, doi: 10.22202/jei.2017.v3i2.1962.
- [13] A. S. Mugirahayu, L. Linawati, and A. Setiawan, "Penentuan Status Kewaspadaan COVID-19 Pada Suatu Wilayah Menggunakan Metode Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani," Jurnal Sains dan Edukasi Sains, vol. 4, no. 1, pp. 28–39, Apr. 2021, doi: 10.24246/juses.v4i1p28-39.
- [14] F. Elfaladonna, I. Griha, and T. Isa, "Uji Efektifitas Metode Fuzzy Logic Mamdani Pada Penerimaan Beasiswa Bantuan Menggunakan Matlab", [Online]. Available: <https://doi.org/10.31598>
- [15] P. Bidang, K. Sains, P. Informatika, and A. Dasa Putri, "Fuzzy Logic Untuk Menentukan Lokasi Kios Terbaik Di Kepri Mall Dengan Menggunakan Metode Sugeno".
- [16] N. R. Budiarti, J. J. Siang, H. B. Santoso, U. Kristen, and D. Wacana, "Perancangan Sistem Rekomendasi Pemilihan Bidang Konsentrasi Dengan Metode Analytical Hierarchy Process," vol. 11, no. 1, 2026.
- [17] B. H. Purnomo, Y. Wibowo, and S. Pengajar, "Aplikasi Fuzzy Inference System Untuk Menentukan Lokasi Pengembangan Sentra Peternakan Rakyat (SPR) Sapi Potong Di Kabupaten Jember."
- [18] Y. Nurfauzy and A. Stefanie, "Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Anggrek Otomatis Menggunakan Matlab Metode Fuzzy Logic Mamdani," 2023.
- [19] R. Andari et al., "Studi Pemodelan Sistem Pengontrolan Suhu Ruangan Berbasis Logika Fuzzy Mamdani."
- [20] A. Ikhwan, L. T. Hsb, A. W. Pratiwi, and A. Raynaldi, "Penerapan Fuzzy Mamdani Untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Laptop".
- [21] W. Toto Priyo, "Penerapan Logika Fuzzy Dalam Optimasi Produksi Barang Menggunakan Metode Mamdani," 2017.